

E04/2893



REC'D 23 APR 2004

WIPO PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 103 16 416.2

Anmeldetag: 10. April 2003

Anmelder/Inhaber: Carl Zeiss Jena GmbH, 07745 Jena/DE

Bezeichnung: Optisches System für eine Funduskamera

IPC: G 02 B, A 61 B

BEST AVAILABLE COPY

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 18. März 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Stenschus

Optisches System für eine Funduskamera

Die Erfindung betrifft ein optisches System für eine Funduskamera, welche zur Abbildung des Augenhintergrundes dient. Bei der Abbildung des Augenhintergrundes mit einer solchen Kamera kommt es im allgemeinen zu Reflexen an der Hornhaut und an Flächen des optischen Systems, welche sich störend auf die Bildqualität auswirken.

Der grundsätzliche Aufbau einer Funduskamera weist ein mehrstufiges optisches System auf. Eine Ophthalmoskoplinsen erzeugt ein Zwischenbild, das von einem Folgesystem (Hauptobjektiv) auf einen Film oder eine CCD-Matrix abgebildet wird. Die Ophthalmoskoplinsen ist auch Bestandteil der Beleuchtung.

Ein besonderes Problem bei der Fundusbeobachtung und -aufnahme stellen Reflexe an der Hornhaut und den Flächen der Ophthalmoskoplinsen dar, weil das von der Netzhaut reflektierte Licht, welches die eigentlich interessierende Bildinformation trägt, wesentlich weniger intensiv ist als das vor dem Eintritt in das Auge reflektierte Licht. Störende Hornhautreflexe werden üblicherweise durch eine Teilung der Pupille des Auges verhindert. Dazu bildet die Ophthalmoskoplinsen einen Beleuchtungsring in die Augenpupille ab. Die an der Hornhaut reflektierten Strahlen der Beleuchtung verfehlen die Apertur der Beobachtung. Nur das Areal innerhalb des Beleuchtungsringes wird für die Beobachtung verwendet.

Zur Unterdrückung der Reflexe von der Ophthalmoskoplinsen sind es im wesentlichen zwei Konzepte bekannt.

In der DE-OS 35 19 442 ist ein optisches System beschrieben, bei welchem Lichtanteile, die über die Reflexion an der Ophthalmoskoplinsen bzw. der Hornhaut in die Beobachtungsapertur gelangen könnten, mittels an geeigneter Stelle im Strahlengang angeordneten „Schwarzkpunktplatten“, welche in definierter Art und Weise mit lichtabsorbierenden Schichten belegt sind, ausgeblendet. Für diese Art der Reflexunterdrückung hat sich die Bezeichnung „Antireflexpunkt-Objektiv“ eingebürgert.

Ein Nachteil dieses Konzeptes ist die Nähe des Antireflexpunktes zur Leuchtfeldblende. Die Absorption einzelner Lichtanteile kann als ungleichmäßige Ausleuchtung des Augenhintergrundes sichtbar werden, es treten ringförmige Schatten auf, welche den Bildeindruck verschlechtern und damit die Auswertung durch den Augenarzt behindern.

Ein andere Lösung ist in US 4,730,910 beschrieben. Dabei wird auf die Ausblendung bestimmter Lichtanteile innerhalb der Beleuchtungsoptik verzichtet. An Stelle der Ophthalmoskoplinsen wird ein mehrlinsiges Objektiv verwendet, dessen Linsen so gegeneinander verkippt sind, dass die direkten Reflexe an den Glas-Luft-Flächen nicht in die Apertur der Beobachtung gelangen. Dazu liegen die optischen Achsen der Linsen gemeinsam mit der optischen Achse des Beobachtungsstrahlenganges in einer Ebene. Diese Lösung erfordert

einen erheblichen Aufwand für die mechanischen Fassungen und weist erhebliche Probleme bei der Korrektur der Abbildungsfehler auf.

Ein solches System weist einen deutlichen Unterschied der Abbildungsmaßstäbe im meridionalen und sagittalen Schnitt auf. Sowohl in der Objektabbildung als auch in der Pupillenabbildung (Beleuchtung) sind anamorphotische Effekte zu beobachten. Die Bilder werden verzerrt, es liegt keine ähnliche Abbildung vor. Weiterhin zeigt das System Koma und Astigmatismus bei Abbildung des Achspunktes, die Abbildungsfehler im Feld sind nicht rotationssymmetrisch.

Die Erfindung stellt sich der Aufgabe, die Nachteile des Standes der Technik zu überwinden und ein optisches System für eine Funduskamera anzugeben, welches Reflexe an den optischen Flächen wirksam aus dem Abbildungsstrahlengang ausblendet und weitgehende Abbildungstreue zu gewährleisten.

Diese Aufgabe wird durch ein optisches System gemäß dem Hauptanspruch gelöst, vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen beschrieben.

Die Verkipfung der Linsen in zwei, senkrecht aufeinander stehenden Ebenen bewirkt die Angleichung der Abbildungsmaßstäbe für zwei senkrecht aufeinander stehende Schnitte. Die Bilder werden weniger verzerrt und die Abbildung gewinnt an Ähnlichkeit. Darüber hinaus kann so der Achsastigmatismus korrigiert werden und die Rotationssymmetrie der Fehler im Feld annähernd wieder hergestellt werden.

Eine bevorzugte Weiterentwicklung der Erfindung besteht aus vier sammelnden Linsen, welche in zweier Linsenpaare aufgeteilt sind. Die Linsen des ersten Linsenpaares werden in einer ersten Ebene verkippt. Die Linsen des zweiten Linsenpaares werden in einer zweiten Ebene verkippt, wobei diese beiden Ebenen senkrecht zueinander stehen. Es ist besonders vorteilhaft, wenn die Kippwinkel und Verschiebungen der Linsen so gewählt sind, dass der Bereich in der Nähe der optischen Achsen der Linsen nicht vom beleuchtenden Bündel durchdrungen wird.

Mit diesem System ist es möglich, die Abbildungsmaßstäbe für zwei senkrecht aufeinander stehende Schnitte sehr gut anzugleichen.

Die Erfindung wird im weiteren anhand der Figuren näher erläutert.

Es zeigen

Fig. 1 eine Seitenansicht,

Fig. 2 eine Draufsicht des erfindungsgemäßen optischen Systems,

Fig. 3 eine schematische Darstellung der Restverzeichnungen

In Fig. 1 ist das erfindungsgemäße optische System schematisch in Seitenansicht dargestellt, wobei zur Vereinfachung auf die Darstellung der nicht erfindungswesentlichen Teile wie Patientenauge, Leuchtquellen, Fotoeinrichtung bzw. Beobachtungssystem verzichtet wurde.

Vier Linsen 1, 2, 3, 4 sind entlang der optischen Achse 5, welche den Beleuchtungs- und Abbildungsstrahlengang der Funduskamera definiert, derart angeordnet, dass die Linsen 1 und 2 gegenüber der Zeichenebene 6 von Fig. 1 verkippt sind, während die Linsen 3 und 4 innerhalb der Zeichenebene 6 gegen die optische Achse 5 verkippt sind, so dass deren optische Achsen 7 und 8 ebenfalls in der Zeichenebene 6 liegen.

Fig. 2 zeigt eine Draufsicht auf das optische System, die Zeichenebene 9 steht also senkrecht auf der Zeichenebene 6 aus Fig. 1. Die Linsen 1 und 2 sind innerhalb der Zeichenebene 9 so verkippt, dass deren optische Achsen 10 und 11 in der Zeichenebene 9 liegen. Die Linsen 3 und 4 sind damit gegenüber der Zeichenebene 9 verkippt.

Die Linsen sind dabei so angeordnet, dass das Beleuchtungsbündel des Abbildungs- und Beleuchtungsstrahlenganges mit der optische Achse 5 keine der Linsen 1, 2, 3, 4 in deren zentralem Bereich durchdringt, das heißt, die optischen Achsen 10, 11, 7, 8 der Linsen 1, 2, 3, 4 liegen außerhalb der in Fig. 1 und 2 schematisch dargestellten Bündelstrahlen.

In der folgenden Tabelle sind die optischen Daten einer bevorzugten Realisierung der Erfindung aufgeführt. Dabei stehen die Bezeichnungen mit dem Suffix v für die Vorderseiten und mit dem Suffix h für die Hinterseiten der Linsen 1, 2, 3, 4.

Nr.	Krümmungsradius [mm]	Abstand zur nächsten Fläche [mm]	Medium nach der Fläche
Obj.	unendlich	39,42477	Luft
1v	-76,12524	16,63675	LaK8
1h	-50,66730	-2,16757	Luft
2v	-197,58358	29,93724	LaK8
2h	-89,73436	7,92140	Luft
3v	580,99844	26,79594	LaK8
3h	-260,25600	-9,88489	Luft
4v	169,89283	20,11881	LaK8
4h	-1636,24830	32,91953	Luft
	unendlich	145,13560	Luft

Die folgende Tabelle enthält die zur Realisierung dieses Ausführungsbeispiels notwendigen Werte für die Verschiebungen und Verkippungen der Linsen 1, 2, 3, 4 gegenüber der optischen Achse 5.

Fl.- Nr.	Dezentrierungsart	Verschiebung [mm]		Drehung [°]		Drehpunkt- Ablage in z- Richtung [mm]
		x-Richtung	y-Richtung	um x-Achse	um y-Achse	
1v	1. Verschiebung, 2. Drehung	10,1400	1,0882	0,000	29,760	-23,8578
1h	1. Verschiebung, 2. Drehung	10,1400	1,0882	0,000	29,760	-40,4946
2v	1. Verschiebung, 2. Drehung	-6,5758	1,0882	0,000	-18,959	-93,6604
2h	1. Verschiebung, 2. Drehung	-6,5758	1,0882	0,000	-18,959	-123,5976
3v	1. Verschiebung, 2. Drehung	15,5328	-34,7519	5,988	0,000	-202,8670
3h	1. Verschiebung, 2. Drehung	15,5328	-34,7519	5,988	0,000	-229,6629
4v	1. Verschiebung, 2. Drehung	15,5328	-82,9383	14,841	0,000	465,0016
4h	1. Verschiebung, 2. Drehung	15,5328	-82,9383	14,841	0,000	444,8823
	1. Verschiebung, 2. Drehung, gedrehte Koordinaten gelten auch für folgende Flächen	3,7576	-5,0827	2,447	4,089	0,0000

Die sich mit diesem System ergebenden Verzeichnungen sind in Fig. 3 dargestellt. Es zeigt sich, dass die Abbildungsmaßstäbe in x- und y-Richtung weitgehend übereinstimmen, das Vergleichsgitter (gerade Linien) hat in x- und y-Richtung die gleiche Ausdehnung. Damit sind die Anforderungen an die Ähnlichkeit der Abbildung sehr gut gewährleistet.

Das erfindungsgemäße optische System zeichnet sich weiterhin dadurch aus, dass die Fehler am Feldrand weitgehend rotationssymmetrisch ausgeprägt sind. Dadurch wird es möglich, diese Fehler durch ein rotationssymmetrisches Folgesystem zu kompensieren.

Die folgende Tabelle stellt die wesentlichen Daten eines optischen Systems nach dem Stand der Technik (US 4,730,910 = System A) und nach der Erfindung (System B) gegenüber.

<i>Pupillenabbildung</i>	System A	System B
Systembaulänge [mm]	60	104
Brennweite f' [mm]	31,5	57,3
Pupillenabbildungsmaßstab β_{px}	-2,19	-2,5
β_{py}	-2,46	-2,5
Abbildungslänge l'_p [mm]	171,6	304
Arbeitsabstand [mm]	24,2	38,1
Feldwinkel Beleuchtung [°]	23,5	26
mittl. Spotradius (Achse) [mm]	0,9974	0,2349
mittl. Spotradius (Feld) [mm]	1,2532	0,4334
Petzvalwölbung r_p [mm]	-71,9424	-93,4579
Verzeichnung	2,64%	0,74%
Farblängsfehler $s_e-s_{c'}$ [mm]	-3,13	-5,76
Farblängsfehler $s_e-s_{f'}$ [mm]	3,08	5,66
<i>Objektabbildung</i>		
Feldwinkel Beobachtung [°]	22,5	25
mittl. Spotradius (Achse) [mm]	0,0119	0,0020
mittl. Spotradius (Feld) [mm]	0,0575	0,0158
Verzeichnung	-13,01%	-9,43%
Farblängsfehler $s_e-s_{c'}$ [μ m]	-17	-7,6
Farblängsfehler $s_e-s_{f'}$ [μ m]	18	8,9

In allen für die Abbildungsqualität relevanten Parametern wird eine bedeutende Verbesserung gegenüber dem Stand der Technik erreicht.

Bei der Realisierung der Erfindung bietet es sich an, die in Fig. 1 und 2 dargestellten Linsen durch entsprechende Linsensegmente zu ersetzen, welche mindestens den Bereich der Durchdringung des Beleuchtungs- und Abbildungsstrahlenganges umfassen.

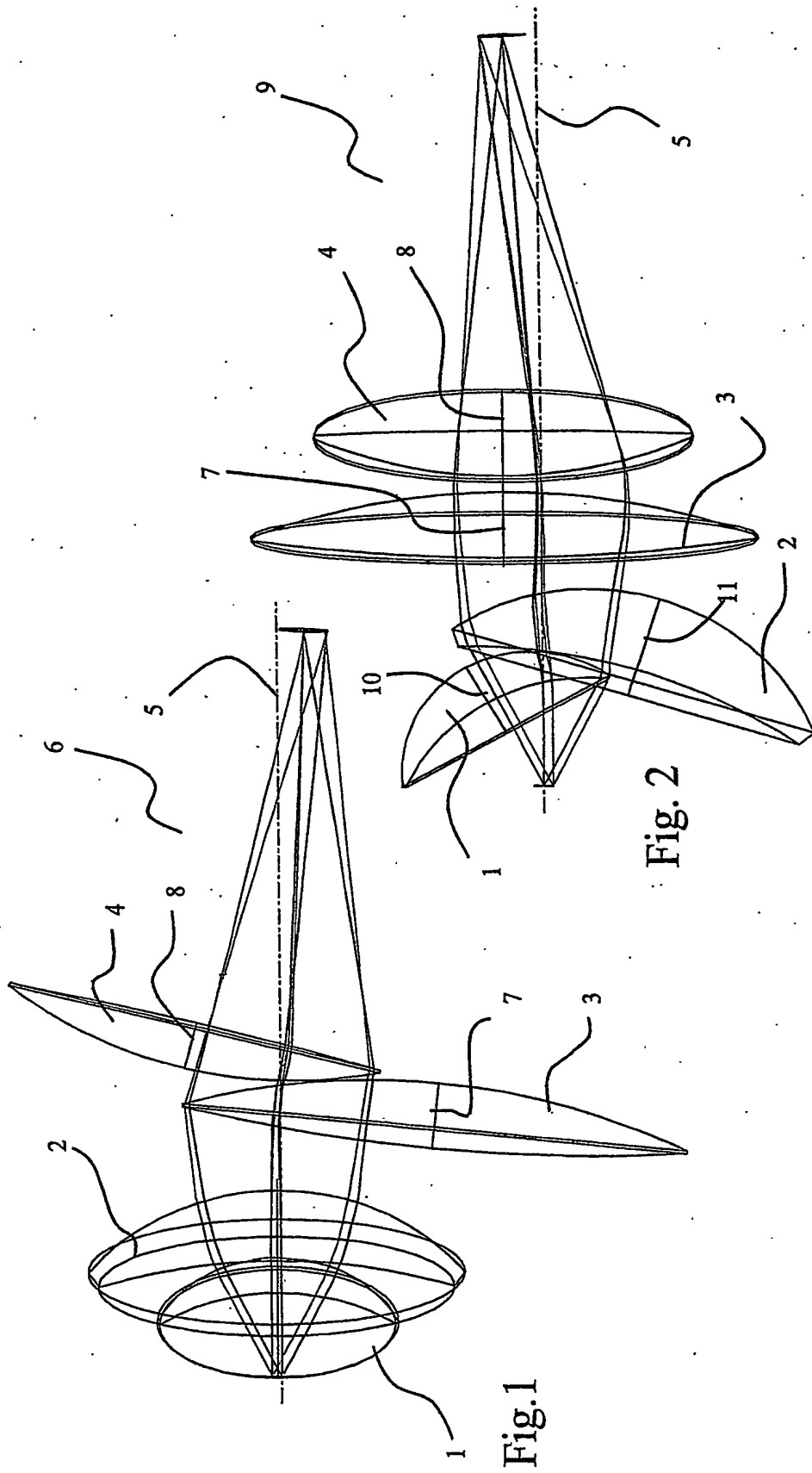
Die Erfindung ist nicht an das dargestellte Ausführungsbeispiel gebunden, in bestimmten Fällen kann es auch günstig sein, wenn die beiden Verkippungsebenen nicht senkrecht aufeinander stehen.

Zur Verbesserung der optischen Abbildungseigenschaften kann es vorteilhaft sein, mindestens eine der Linsen mit einer asphärischen Fläche zu versehen. Eine andere Realisierung der Erfindung ist durch den Einsatz diffraktiver optischer Elemente an statt einer oder mehrerer der Linsen möglich.

Das Prinzip der Erfindung ist auch in anderen Gebieten anwendbar, bei denen die Aufgabe besteht Reflexe an den optischen Flächen zu unterdrücken.

Patentansprüche

1. Optisches System, vorzugsweise für eine Funduskamera, welche einen im wesentlichen coaxialen Beleuchtungs- und Abbildungsstrahlengang aufweist, bestehend aus einem Linsensystem von mindestens vier Linsen, wobei mindestens zwei Linsen bezüglich ihrer optischen Achsen gegen den Beleuchtungs- und Abbildungsstrahlengang verkippt sind, wobei die optischen Achsen der Linsen und die optische Achse des Beleuchtungs- und Abbildungsstrahlenganges in einer Ebene liegen, gekennzeichnet dadurch, dass mindestens zwei weitere Linsen bezüglich ihrer optischen Achsen gegen den Beleuchtungs- und Abbildungsstrahlengang verkippt sind und dass die optischen Achsen der zwei weiteren Linsen und die optische Achse des Beleuchtungs- und Abbildungsstrahlenganges in einer zweiten Ebene liegen, die die erste Ebene im wesentlichen entlang der optischen Achse des Beleuchtungs- und Abbildungsstrahlenganges schneidet.
2. Optisches System nach Anspruch 1, gekennzeichnet dadurch, dass die erste und die zweite Ebene im wesentlichen senkrecht zu einander stehen.
3. Optisches System nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet dadurch, dass die optische Achse des Beleuchtungs- und Abbildungsstrahlengangs die Linsen außerhalb deren optischer Achsen durchdringt.
4. Optisches System nach Anspruch 1, 2 oder 3, gekennzeichnet dadurch, dass die optischen Achsen der Linsen außerhalb des Strahlenbündels des Beleuchtungs- und Abbildungsstrahlengangs angeordnet sind.
5. Optisches System nach Anspruch 1, 2, 3 oder 4, gekennzeichnet dadurch, dass die Linsen aus Linsensegmenten bestehen.
6. Optisches System nach Anspruch 1, 2, 3 oder 4, gekennzeichnet dadurch, dass mindestens eine der Linsen eine asphärische Fläche aufweist.
7. Optisches System nach Anspruch 1, 2, 3 oder 4, gekennzeichnet dadurch, dass mindestens eine Linse durch ein diffraktives optisches Element ersetzt wird.



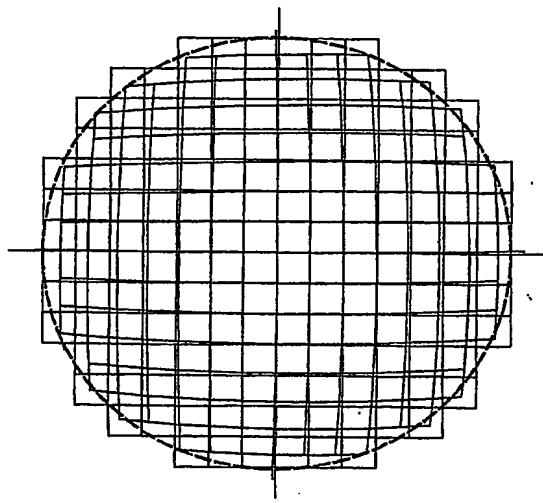


Fig. 3

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein optisches System für eine Funduskamera, bei welchem zur Vermeidung von Reflexen Linsenpaare gegen den Abbildungsstrahlengang verkippt sind, wobei diese Verkipnungen in zwei Ebenen erfolgen und diese Ebenen vorzugsweise senkrecht zueinander orientiert sind.

Fig. 1

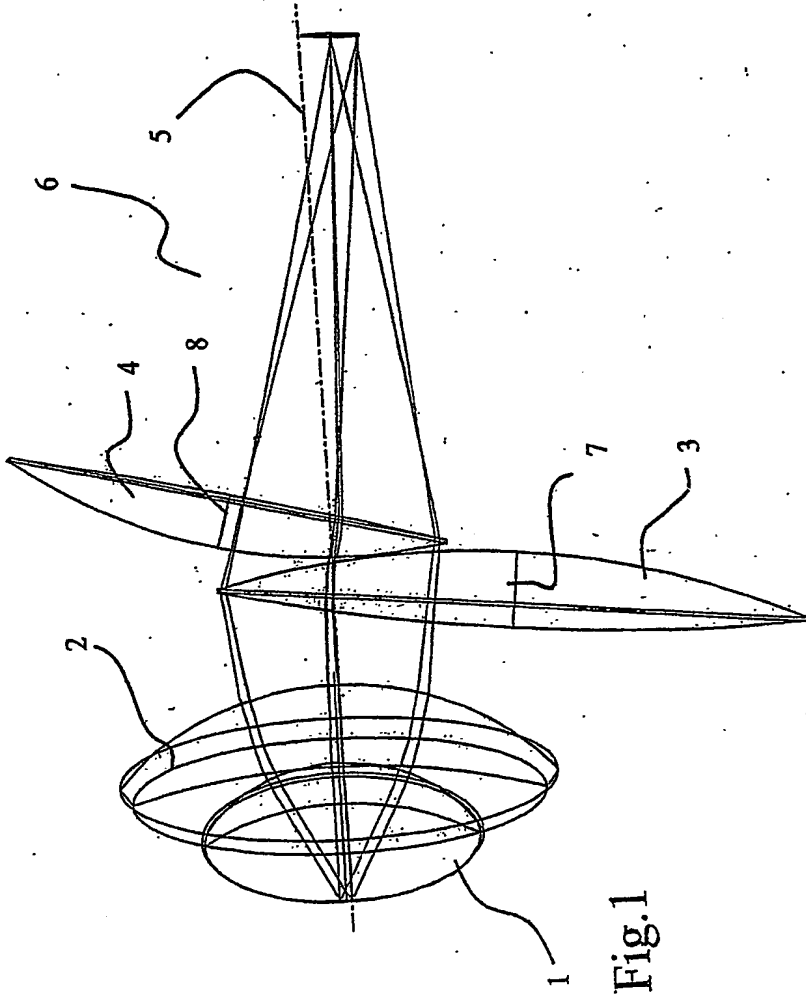


Fig.1

This Page is inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLORED OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REPERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images
problems checked, please do not report the
problems to the IFW Image Problem Mailbox**